

Practitioner's Docket No.: 008312-0308844  
Client Reference No.: T7KO-03S1319-1

**PATENT**

**IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE**

In re application of:

Confirmation No: UNKNOWN

TOMOKO TAGUCHI

Application No.: TO BE ASSIGNED

Group No.: UNKNOWN

Filed: March 19, 2004

Examiner: UNKNOWN

For: PERPENDICULAR MAGNETIC RECORDING HEAD AND MAGNETIC  
DISC APPARATUS

**Commissioner for Patents**  
**Mail Stop Patent Applications**  
**P.O. Box 1450**  
**Alexandria, VA 22313-1450**

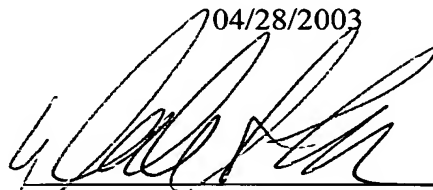
**SUBMISSION OF PRIORITY DOCUMENT**

Attached please find the certified copy of the foreign application from which priority  
is claimed for this case:

<u>Country</u>	<u>Application Number</u>	<u>Filing Date</u>
Japan	2003-124116	04/28/2003

Date: March 19, 2004

PILLSBURY WINTHROP LLP  
P.O. Box 10500  
McLean, VA 22102  
Telephone: (703) 905-2000  
Facsimile: (703) 905-2500  
Customer Number: 00909

  
Dale S. Lazar  
Registration No. 28872

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日                      2 0 0 3 年    4 月 2 8 日  
Date of Application:

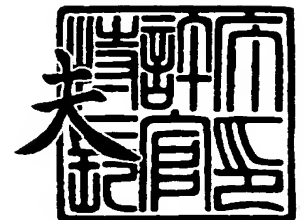
出 願 番 号                      特 願 2 0 0 3 - 1 2 4 1 1 6  
Application Number:  
[ST. 10/C]:                      [ J P 2 0 0 3 - 1 2 4 1 1 6 ]

出      願      人                      株式会社東芝  
Applicant(s):

2 0 0 3 年    9 月    9 日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今 井 康



【書類名】 特許願

【整理番号】 A000301189

【提出日】 平成15年 4月28日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G11B 5/127

【発明の名称】 垂直磁気記録ヘッドおよび磁気ディスク装置

【請求項の数】 10

【発明者】

【住所又は居所】 東京都青梅市末広町 2 丁目 9 番地 株式会社東芝青梅事業所内

【氏名】 田口 知子

【特許出願人】

【識別番号】 000003078

【氏名又は名称】 株式会社 東芝

【代理人】

【識別番号】 100058479

【弁理士】

【氏名又は名称】 鈴江 武彦

【電話番号】 03-3502-3181

【選任した代理人】

【識別番号】 100091351

【弁理士】

【氏名又は名称】 河野 哲

【選任した代理人】

【識別番号】 100088683

【弁理士】

【氏名又は名称】 中村 誠

## 【選任した代理人】

【識別番号】 100108855

【弁理士】

【氏名又は名称】 蔵田 昌俊

## 【選任した代理人】

【識別番号】 100084618

【弁理士】

【氏名又は名称】 村松 貞男

## 【選任した代理人】

【識別番号】 100092196

【弁理士】

【氏名又は名称】 橋本 良郎

## 【手数料の表示】

【予納台帳番号】 011567

【納付金額】 21,000円

## 【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 垂直磁気記録ヘッドおよび磁気ディスク装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

磁気ディスクに垂直な方向に記録磁界を発生させる主磁極と、  
主磁極に対してトレーリング側に主磁極と接続されて配置され磁性層間に非磁性層を挟んだ構造を有する多層化された補助磁極と  
を具備したことを特徴とする垂直磁気記録ヘッド。

【請求項 2】

垂直方向に記録磁界を発生させる主磁極と、  
主磁極に対してリーディング側に主磁極と接続されて配置された補助磁極と、  
主磁極に対してトレーリング側に主磁極と離間して配置され磁性層間に非磁性層を挟んだ構造を有する多層化されたライトシールドと  
を具備したことを特徴とする垂直磁気記録ヘッド。

【請求項 3】 前記ライトシールドは、中央部の膜厚よりもエッジ部の膜厚が厚いことを特徴とする請求項 2 に記載の垂直磁気記録ヘッド。

【請求項 4】 前記ライトシールドは、中央部よりもエッジ部において磁性層と非磁性層との積層数が多いことを特徴とする請求項 2 に記載の垂直磁気記録ヘッド。

【請求項 5】 前記補助磁極は、磁性層間に非磁性層を挟んだ構造を有することを特徴とする請求項 2 に記載の垂直磁気記録ヘッド。

【請求項 6】

基板上に軟磁性下地層および垂直記録層が形成された二層膜垂直記録媒体と、  
垂直方向に記録磁界を発生させる主磁極と、主磁極に対してトレーリング側に主磁極と接続されて配置され磁性層間に非磁性層を挟んだ構造を有する多層化された補助磁極とを有する垂直磁気記録ヘッドと  
を具備したことを特徴とする磁気ディスク装置。

【請求項 7】

基板上に軟磁性下地層および垂直記録層が形成された二層膜垂直記録媒体と、

垂直方向に記録磁界を発生させる主磁極と、主磁極に対してリーディング側に主磁極と接続されて配置された補助磁極と、主磁極に対してトレーリング側に主磁極と離間して配置され磁性層間に非磁性層を挟んだ構造を有する多層化されたライトシールドとを有する垂直磁気記録ヘッドとを具備したことを特徴とする磁気ディスク装置。

【請求項 8】 前記ライトシールドは、中央部の膜厚よりもエッジ部の膜厚が厚いことを特徴とする請求項 7 に記載の磁気ディスク装置。

【請求項 9】 前記ライトシールドは、中央部よりもエッジ部において磁性層と非磁性層との積層数が多いことを特徴とする請求項 7 に記載の磁気ディスク装置。

【請求項 10】 前記補助磁極は、磁性層間に非磁性層を挟んだ構造を有することを特徴とする請求項 7 に記載の磁気ディスク装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は垂直磁気記録ヘッド、および垂直磁気記録ヘッドを用いた磁気ディスク装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

従来の垂直記録方式の磁気ディスク装置は、基板上に高透磁率材料で形成された軟磁性下地層およびディスク面に対して垂直方向に磁気異方性を持つ垂直記録層が形成された二層膜垂直記録媒体と、高透磁率材料からなる主磁極と補助磁極から構成される単磁極記録ヘッドとを有する。補助磁極は記録時の効率的に磁束を流す機能を有する。

【0003】

従来の垂直記録方式の磁気ディスク装置で高密度化を達成しようとする、記録動作時に補助磁極からの弱いもれ磁界によって、媒体上に既に記録されていた信号が劣化したり消去されたりするという問題があった。

【0004】

なお、補助磁極のエッジに生じるパルスノイズの増大を解消するために、補助磁極の透磁率をヘッドの移動方向に沿ってヘッドの中央部ほど大となるように変化させる技術が知られている（特許文献1参照）。しかし、この技術では、上述したような既に記録されていた信号の劣化や消去という問題を根本的に解決することはできない。

#### 【0005】

また、従来の単磁極記録ヘッドは、外乱磁界に対する感度が高いことから既に記録されていた情報の劣化または消去が起こることがある。このため、単磁極記録ヘッドに対してトレーリング側にライトシールドを配置した構造を採用し、外乱磁界の侵入を抑制することも行われている。この構造を採用すれば、主磁極直下での信号劣化は起こらなくなる。しかし、記録動作時に主磁極からライトシールドへ磁束が回り込み、ライトシールドから弱いもれ磁界が発生して既に記録されていた信号の劣化または消去が起こるという問題があった。

#### 【0006】

##### 【特許文献1】

米国特許 4 8 7 3 5 9 9 号明細書

#### 【0007】

##### 【発明が解決しようとする課題】

本発明の目的は、補助磁極またはライトシールドからの弱いもれ磁界によって既に記録されていた信号が劣化または消去されるのを抑制できる垂直磁気記録ヘッド、およびこのような垂直磁気記録ヘッドを具備し高密度化が可能な磁気ディスク装置を提供することにある。

#### 【0008】

##### 【課題を解決するための手段】

本発明の一態様に係る垂直磁気記録ヘッドは、磁気ディスクに垂直な方向に記録磁界を発生させる主磁極と、主磁極に対してトレーリング側に主磁極と接続されて配置され磁性層間に非磁性層を挟んだ構造を有する多層化された補助磁極とを具備している。

#### 【0009】

本発明の他の態様に係る垂直磁気記録ヘッドは、垂直方向に記録磁界を発生させる主磁極と、主磁極に対してリーディング側に主磁極と接続されて配置された補助磁極と、主磁極に対してトレーリング側に主磁極と離間して配置され磁性層間に非磁性層を挟んだ構造を有する多層化されたライトシールドとを具備している。

#### 【0010】

本発明の一態様に係る磁気ディスク装置は、基板上に軟磁性下地層および垂直記録層が形成された二層膜垂直記録媒体と、垂直方向に記録磁界を発生させる主磁極と、主磁極に対してトレーリング側に主磁極と接続されて配置され磁性層間に非磁性層を挟んだ構造を有する多層化された補助磁極とを有する垂直磁気記録ヘッドとを具備している。

#### 【0011】

本発明の他の態様に係る磁気ディスク装置は、基板上に軟磁性下地層および垂直記録層が形成された二層膜垂直記録媒体と、垂直方向に記録磁界を発生させる主磁極と、主磁極に対してリーディング側に主磁極と接続されて配置された補助磁極と、主磁極に対してトレーリング側に主磁極と離間して配置され磁性層間に非磁性層を挟んだ構造を有する多層化されたライトシールドとを有する垂直磁気記録ヘッドとを具備している。

#### 【0012】

本発明において、前記ライトシールドは、中央部の膜厚よりもエッジ部の膜厚が厚くなっているもよいし、中央部よりもエッジ部において磁性層および非磁性層の積層数が多くなっているもよい。

#### 【0013】

##### 【発明の実施の形態】

本発明者は、記録動作時に補助磁極またはライトシールドからのもれ磁界が発生する原因について検討した。その結果、補助磁極またはライトシールドのトラック幅方向に沿う両端のエッジ部において大きな磁区が形成されて磁界が集中するため、もれ磁界が発生しているようであることがわかった。そこで、補助磁極やライトシールドからのもれ磁界を抑制するには、磁区を縮小できる構成を採用す



ることが有効であると予想された。

#### 【0014】

本発明の一実施形態においては、補助磁極を主磁極に対してトレーリング側に主磁極と接続して配置し磁性層間に非磁性層を挟んだ多層構造としている。このような補助磁極を形成することにより、補助磁極のトラック幅方向に沿う両端のエッジ部の磁区を縮小し、記録動作時のもれ磁界を抑制して既に記録されていた信号の劣化および消去を防止できる。

#### 【0015】

上記の補助磁極は磁性層、非磁性層および磁性層を積層した3層構造であればよい。ただし、交互に積層される磁性層および非磁性層の積層数をさらに増加させることにより、補助磁極のトラック幅方向に沿う両端のエッジ部の磁区をさらに縮小させるようにしてもよい。

#### 【0016】

本発明の他の実施形態においては、ライトシールドを主磁極に対してトレーリング側に主磁極と離間して配置し磁性層間に非磁性層を挟んだ多層構造としている。このようなライトシールドを形成することにより、ライトシールドのトラック幅方向に沿う両端のエッジ部の磁区を縮小し、記録動作時のもれ磁界を抑制して既に記録されていた信号の劣化および消去を防止できる。

#### 【0017】

上記のライトシールドは磁性層、非磁性層および磁性層を積層した3層構造であればよい。ただし、交互に積層される磁性層および非磁性層の積層数をさらに増加させることにより、ライトシールドのトラック幅方向に沿う両端のエッジ部の磁区をさらに縮小させるようにしてもよい。

#### 【0018】

本発明において、補助磁極またはライトシールドに用いられる磁性層の材料としては、Co系磁性合金、パーマロイ、センダストなどの軟磁性材料が挙げられる。本発明において、補助磁極またはライトシールドに用いられる非磁性層の材料としては、上記の軟磁性材料に対してぬれ性の高い材料である、チタン (Ti)、ルテニウム (Ru)、タンタル (Ta)、金 (Au)、白金 (Pt)、銅 (

Cu)、カーボン(C)などが挙げられる。非磁性層の材料としては、これら以外にも、SiO<sub>2</sub>、アルミナ(Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)を用いることもできる。

#### 【0019】

以下、図面を参照しながら本発明の実施形態を説明する。

##### (実施形態1)

図1は本発明の実施形態1に係る垂直磁気ディスク装置に搭載される磁気ヘッドおよび磁気ディスクを示す斜視図である。図2は図1の磁気ヘッドをABS面から見た平面図である。図3は図1の磁気ヘッドを主磁極のセンター位置においてトラック方向に沿って磁気ディスクに対して垂直方向に切断した縦断面図である。

#### 【0020】

磁気ディスク10は、ディスク基板11上に軟磁性下地層12とディスク面に対して垂直方向に異方性をもつ垂直記録層13を有する。

#### 【0021】

磁気ヘッド20は分離型磁気ヘッドであり、ヘッド基板(図示せず)上に再生ヘッド30および記録ヘッド40が分離して形成されている。再生ヘッド30は、下部シールド31、再生素子たとえば巨大磁気抵抗効果素子(GMR素子)32、および上部シールド33を含む。GMR素子32は、下部シールド31と上部シールド33との間の再生ギャップ内に設けられている。記録ヘッド40は、主磁極41と、主磁極41に対してトレーリング側に配置された補助磁極42とを含み、これらは接続部43で接続されている。接続部43の周囲にはコイル44が形成されている。主磁極41は、磁気ディスク面に対して垂直方向に記録磁界を発生させる。補助磁極42は、磁性層42f、非磁性層42nおよび磁性層42fを積層した多層構造を有する。補助磁極42の先端部421は、主磁極41に近接するように主磁極41に向かって突出して形成されている。補助磁極42はヘッドのABS面からリセスさせてもよい。

#### 【0022】

図3に示すように、磁気ディスク10の軟磁性下地層12表面と、主磁極41または補助磁極42との間の最短距離をKとする。記録効率を最適化するために

は、主磁極 4 1 と補助磁極 4 2 の先端部 4 2 1 との間の最短距離は、K の 1 倍から 5 倍程度に設定される。

#### 【0023】

本実施形態においては、主磁極 4 1 に対してトレーリング側に形成した補助磁極 4 2 を 2 層の磁性層 4 2 f、4 2 f で非磁性層 4 2 n を挟んだ多層構造に形成しているので、補助磁極 4 2 のトラック幅方向に沿う両端のエッジ部の磁区を縮小し、記録動作時のもれ磁界を抑制して既に記録されていた信号の劣化および消去を防止できる。

#### 【0024】

上記の効果を確認する実験を行った結果を説明する。主磁極 4 1 と補助磁極 4 2 との間の最短距離を  $0.2 \mu\text{m}$  に設定し、図 1 ～図 3 に示す実施形態 1 の磁気ヘッドを作製した。補助磁極 4 2 は、厚み  $2 \mu\text{m}$ 、高さ  $15 \mu\text{m}$ 、幅  $40 \mu\text{m}$  であった。比較例として、補助磁極を単層の磁性層で形成した以外は図 1 ～図 3 と同様な構造を有する磁気ヘッドを作製した。

#### 【0025】

各々の磁気ヘッドを用い、主磁極 4 1 と磁気ディスクの軟磁性下地層 1 2 表面との距離が  $0.1 \mu\text{m}$  となるように磁気ヘッドのフライングハイトを調整して垂直磁気記録を行った。最初に、磁気ディスク 1 0 の全面に  $40 \text{MHz}$  の単一周波数で信号を記録した。次に、ある目標トラックに  $150 \text{MHz}$  の周波数で信号を 1000 回繰り返して記録した。その後、目標トラックを中心として径方向に  $\pm 50 \mu\text{m}$  の範囲内にあるトラックにおいて、最初の信号を再生した。図 4 に検出された出力 [mV] のトラックプロファイルを示す。

#### 【0026】

図 4 に示されるように、比較例の磁気ヘッドを用いた場合には、目標トラックに記録しているときの補助磁極のトラック幅方向に沿う両端のエッジ部に対応するトラックにおいて、出力に約 14% の劣化が認められた。これに対して、実施形態 1 の磁気ヘッドを用いた場合には、出力の劣化は約 1.1% と低い値であった。

#### 【0027】

図5は実施形態1の変形例に係る磁気ヘッドをABS面から見た平面図である。この変形例では、主磁極41に対してトレーリング側に設けられた補助磁極42を6層の磁性層42fと5層の非磁性層42nを交互に積層した構造に形成している。このように実施形態1よりも補助磁極42をさらに多層化することにより、補助磁極42の両端エッジからのもれ磁界をより抑制できる。

#### 【0028】

##### (実施形態2)

図6は本発明の実施形態2に係る垂直磁気ディスク装置に搭載される磁気ヘッドおよび磁気ディスクを示す斜視図である。図7は図6の磁気ヘッドをABS面から見た平面図である。図8は図6の磁気ヘッドを主磁極のセンター位置においてトラック方向に沿って磁気ディスクに対して垂直方向に切断した縦断面図である。

#### 【0029】

磁気ディスク10は、ディスク基板11上に軟磁性下地層12とディスク面に対して垂直方向に異方性をもつ垂直記録層13を有する。

#### 【0030】

磁気ヘッド20は分離型磁気ヘッドであり、ヘッド基板（図示せず）上に再生ヘッド30および記録ヘッド40が分離して形成されている。再生ヘッド30は、下部シールド31、再生素子たとえば巨大磁気抵抗効果素子（GMR素子）32、および上部シールド33を含む。GMR素子32は、下部シールド31と上部シールド33との間の再生ギャップ内に設けられている。記録ヘッド40は、主磁極41と、主磁極41に対してリーディング側に配置された補助磁極42とを含み、これらは接続部43で接続されている。補助磁極42は、磁性層42f、非磁性層42nおよび磁性層42fを積層した多層構造を有する。接続部43の周囲にはコイル44が形成されている。また、主磁極41に対してトレーリング側に、絶縁膜（図示せず）によって主磁極41と離間してライトシールド45が配置されている。ライトシールド45は、外乱磁界の記録ヘッドへの侵入を抑制する機能を有する。ライトシールド45は、磁性層45f、非磁性層45nおよび磁性層45fを積層した多層構造を有する。ライトシールド45はヘッドの

A B S 面からリセスさせてもよい。

#### 【0031】

図8に示すように、磁気ディスク10の軟磁性下地層12表面と、主磁極41またはライトシールド45との間の最短距離をKとする。外乱磁界に対する耐性を最適化するためには、主磁極41とライトシールド45との間の最短距離は、Kの1倍から50倍程度に設定される。

#### 【0032】

本実施形態においては、主磁極41に対してトレーリング側に形成したライトシールド45を2層の磁性層45f、45fで非磁性層45nを挟んだ多層構造に形成しているので、ライトシールド45のトラック幅方向に沿う両端のエッジ部の磁区を縮小し、記録動作時のもれ磁界を抑制して既に記録されていた信号の劣化および消去を防止できる。

#### 【0033】

主磁極41とライトシールド45との間の最短距離を $2\mu\text{m}$ に設定し、図6～図8に示す実施形態2の磁気ヘッドを作製した。ライトシールド45は、膜厚 $2\mu\text{m}$ 、高さ $8\mu\text{m}$ 、幅 $70\mu\text{m}$ であった。比較例として、ライトシールドを単層の磁性層で形成した以外は図6～図8と同様な構造を有する磁気ヘッドを作製した。

#### 【0034】

各々の磁気ヘッドを用い、主磁極41と磁気ディスクの軟磁性下地層12表面との距離が $0.1\mu\text{m}$ となるように磁気ヘッドのフライングハイトを調整して垂直磁気記録を行った。最初に、磁気ディスク10の全面に $40\text{MHz}$ の単一周波数で信号を記録した。次に、ある目標トラックに $150\text{MHz}$ の周波数で信号を1000回繰り返して記録した。その後、目標トラックを中心として径方向に $\pm 50\mu\text{m}$ の範囲内にあるトラックにおいて、最初の信号を再生した。図9に検出された出力のトラックプロファイルを示す。

#### 【0035】

図9に示されるように、比較例の磁気ヘッドを用いた場合には、目標トラックに記録しているときのライトシールドのトラック幅方向に沿う両端のエッジ部に

対応するトラックにおいて、出力に約 13% の劣化が認められた。これに対して、実施形態 2 の磁気ヘッドを用いた場合には、出力の劣化は約 0.9% と低い値であった。

#### 【0036】

図 10 は実施形態 2 の変形例に係る磁気ヘッドを A B S 面から見た平面図である。この変形例では、主磁極 41 に対してトレーリング側に設けられたライトシールド 46 を 4 層の磁性層 46 f と 3 層の非磁性層 46 n を交互に積層した構造に形成している。このように、積層数を増加させたライトシールド 46 を形成することにより、実施形態 2 と比較して、両端のエッジ部からのもれ磁界をさらに抑制できる。

#### 【0037】

(実施形態 3)

図 11 は本発明の実施形態 3 に係る磁気ヘッドを A B S 面から見た平面図である。図 11 の磁気ヘッドは、ライトシールドの形状を除いて、実施形態 2 において図 7 を参照して説明した磁気ヘッドに類似した構造を有するので、以下においては主に図 7 との相違点を説明する。

#### 【0038】

記録ヘッド 40 の主磁極 41 に対してトレーリング側に、絶縁膜（図示せず）によって主磁極 41 と離間してライトシールド 51 が配置されている。ライトシールド 51 は、磁性層 51 f、非磁性層 51 n および磁性層 51 f を積層した多層構造を有する。本実施形態においても、ライトシールド 51 を多層構造とすることにより、実施形態 2 と同様に、ライトシールド 51 のトラック幅方向に沿う両端のエッジ部の磁区を縮小し、記録動作時のもれ磁界を抑制して既に記録されていた信号の劣化および消去を防止できるという効果が得られる。

#### 【0039】

また、本実施形態のライトシールド 51 は、トラック幅方向に沿う両端のエッジ部を中央部と比べてリーディング側へ傾斜させた形状に形成されている。このような形状のライトシールド 51 は、トラック方向だけでなくトラック幅方向からの外乱磁界の侵入を抑制する機能を有する。ライトシールド 51 はヘッドの A

B S 面からリセスさせてもよい。

#### 【0040】

上記の効果を確認する実験を行った結果を説明する。主磁極 4 1 とライトシールド 5 1 との間の最短距離を  $1.5\ \mu\text{m}$  に設定し、図 1 1 に示す実施形態 3 の磁気ヘッドを作製した。ライトシールド 5 1 は、膜厚  $2\ \mu\text{m}$ 、高さ  $15\ \mu\text{m}$ 、幅  $90\ \mu\text{m}$  であった。比較例として、ライトシールドを単層の磁性層で形成した以外は図 1 1 と同様な構造を有する磁気ヘッドを作製した。

#### 【0041】

各々の磁気ヘッドを用い、主磁極 4 1 と磁気ディスクの軟磁性下地層 1 2 表面との距離が  $0.1\ \mu\text{m}$  となるように磁気ヘッドのフライングハイトを調整して垂直磁気記録を行った。最初に、磁気ディスク 1 0 の全面に  $40\text{MHz}$  の単一周波数で信号を記録した。次に、ある目標トラックに  $150\text{MHz}$  の周波数で信号を  $1000$  回繰り返して記録した。その後、目標トラックを中心として径方向に  $\pm 50\ \mu\text{m}$  の範囲内にあるトラックにおいて、最初の信号を再生した。図 1 2 に検出された出力のトラックプロファイルを示す。

#### 【0042】

図 1 2 に示されるように、比較例の磁気ヘッドを用いた場合には、目標トラックに記録しているときのライトシールド 5 1 の傾斜部より先端のエッジ部に対応するトラックにおいて、出力に約  $25\%$  の劣化が認められた。これに対して、実施形態 3 の磁気ヘッドを用いた場合には、出力の劣化は約  $0.8\%$  と低い値であった。

#### 【0043】

図 1 3 は実施形態 3 の変形例に係る磁気ヘッドを A B S 面から見た平面図である。この変形例では、ライトシールド 5 2 は磁性層 5 2 f、非磁性層 5 2 n および磁性層 5 2 f を積層した多層構造を有する。図 1 3 では、図 1 1 と異なり、トレーリング側の磁性層 5 2 f は傾斜部より先端のエッジ部の厚みが厚く形成されている。

#### 【0044】

図 1 4 は図 1 3 の変形例に係る磁気ヘッドを A B S 面から見た平面図である。

この変形例では、図 13 よりも磁性層 53f と非磁性層 53n の積層数を多くして全体として図 13 のライトシールドと同様な形状のライドシールド 53 を形成している。さらに、ライドシールド 53 では、中央部と比較して、両端のエッジ部において磁性層 53f と非磁性層 53n の積層数を多くしている。

#### 【0045】

##### (実施形態 4)

図 15 は本発明の実施形態 4 に係る磁気ヘッドを ABS 面から見た平面図である。図 15 の磁気ヘッドは、ライトシールドの形状を除いて、実施形態 2 において図 7 を参照して説明した磁気ヘッドに類似した構造を有するので、以下においては主に図 7 との相違点を説明する。

#### 【0046】

記録ヘッド 40 の主磁極 41 に対してトレーリング側に、絶縁膜 (図示せず) によって主磁極 41 と離間してライトシールド 61 が配置されている。ライトシールド 61 は、磁性層 61f、非磁性層 61n および磁性層 61f を積層した多層構造を有する。本実施形態においても、ライトシールド 61 を多層構造とすることにより、実施形態 2 と同様に、ライトシールド 61 のトラック幅方向に沿う両端のエッジ部の磁区を縮小し、記録動作時のもれ磁界を抑制して既に記録されていた信号の劣化および消去を防止できるという効果が得られる。

#### 【0047】

また、本実施形態のライトシールド 61 は、トレーリング側の磁性層 61f についてのみ、トラック幅方向に沿う両端のエッジ部の厚さを中央部の厚さよりも厚くしている。このような構造のライトシールド 61 を設ければ、図 7 の場合よりも、両端のエッジ部での磁束密度が低減してもれ磁界が小さくなる。ライトシールド 61 はヘッドの ABS 面からリセスさせてもよい。

#### 【0048】

主磁極 41 とライトシールド 61 との間の最短距離を  $2\mu\text{m}$  に設定し、図 15 に示す実施形態 4 の磁気ヘッドを作製した。ライトシールド 61 は、薄い部分の膜厚  $1.5\mu\text{m}$ 、厚い部分の膜厚  $3\mu\text{m}$ 、高さ  $8\mu\text{m}$ 、幅  $80\mu\text{m}$  であった。比較例として、ライトシールドを単層の磁性層で形成した以外は図 15 と同様な構



造を有する磁気ヘッドを作製した。

#### 【0049】

各々の磁気ヘッドを用い、主磁極 41 と磁気ディスクの軟磁性下地層 12 表面との距離が  $0.1\ \mu\text{m}$  となるように磁気ヘッドのフライングハイトを調整して垂直磁気記録を行った。最初に、磁気ディスク 10 の全面に  $40\text{MHz}$  の単一周波数で信号を記録した。次に、ある目標トラックに  $150\text{MHz}$  の周波数で信号を 1000 回繰り返して記録した。その後、目標トラックを中心として径方向に  $\pm 50\ \mu\text{m}$  の範囲内にあるトラックにおいて、最初の信号を再生した。図 16 に検出された出力のトラックプロファイルを示す。

#### 【0050】

図 16 に示されるように、比較例の磁気ヘッドを用いた場合には、目標トラックに記録しているときのライトシールドのトラック幅方向に沿う両端のエッジ部に対応するトラックにおいて、出力に約 12% の劣化が認められた。これに対して、実施形態 4 の磁気ヘッドを用いた場合には、出力の劣化は約 0.3% と低い値であった。

#### 【0051】

図 17 は実施形態 4 の変形例に係る磁気ヘッドを ABS 面から見た平面図である。この変形例では、図 15 よりも磁性層 53f と非磁性層 53n の積層数を多くして全体として図 15 のライトシールドと同様な形状のライドシールド 62 を形成している。さらに、ライドシールド 62 では、中央部と比較して、両端のエッジ部において磁性層 53f と非磁性層 53n の積層数を多くしている。

#### 【0052】

(実施形態 5)

図 18 は本発明の実施形態 5 に係る磁気ヘッドを ABS 面から見た平面図である。図 18 の磁気ヘッドは、ライトシールドの形状を除いて、実施形態 2 において図 7 を参照して説明した磁気ヘッドに類似した構造を有するので、以下においては主に図 7 との相違点を説明する。

#### 【0053】

記録ヘッド 40 の主磁極 41 に対してトレーリング側に、絶縁膜 (図示せず)

によって主磁極 4 1 と離間してライトシールド 7 1 が配置されている。ライトシールド 7 1 は、磁性層 7 1 f、非磁性層 7 1 n および磁性層 7 1 f を積層した多層構造を有する。本実施形態においても、ライトシールド 6 1 を多層構造とすることにより、実施形態 2 と同様に、ライトシールド 6 1 のトラック幅方向に沿う両端のエッジ部の磁区を縮小し、記録動作時のもれ磁界を抑制して既に記録されていた信号の劣化および消去を防止できるという効果が得られる。

#### 【0054】

また、本実施形態のライトシールド 7 1 は、磁性層 7 1 f、非磁性層 7 1 n および磁性層 7 1 f のトラック幅方向に沿う両端のエッジ部が末端に向かうにつれて徐々に薄くなるように形成されている。このような構造のライトシールド 7 1 を設けた場合、エッジ部での磁束集中を抑制して、もれ磁界を小さくすることができるが、エッジ部でのもれ磁界を完全には除去できない。ライトシールド 7 1 はヘッドの ABS 面からリセスさせてもよい。

#### 【0055】

主磁極 4 1 とライトシールド 7 1 との間の最短距離を  $1.5 \mu\text{m}$  に設定し、図 1 8 に示す実施形態 5 の磁気ヘッドを作製した。ライトシールド 7 1 は、薄い部分の膜厚  $1.5 \mu\text{m}$ 、厚い部分の膜厚  $3 \mu\text{m}$ 、高さ  $7 \mu\text{m}$ 、幅  $90 \mu\text{m}$  であった。比較例として、ライトシールドを単層の磁性層で形成した以外は図 1 8 と同様な構造を有する磁気ヘッドを作製した。

#### 【0056】

各々の磁気ヘッドを用い、主磁極 4 1 と磁気ディスクの軟磁性下地層 1 2 表面との距離が  $0.1 \mu\text{m}$  となるように磁気ヘッドのフライングハイトを調整して垂直磁気記録を行った。最初に、磁気ディスク 1 0 の全面に  $40 \text{MHz}$  の単一周波数で信号を記録した。次に、ある目標トラックに  $150 \text{MHz}$  の周波数で信号を  $1000$  回繰り返して記録した。その後、目標トラックを中心として径方向に  $\pm 50 \mu\text{m}$  の範囲内にあるトラックにおいて、最初の信号を再生した。図 1 9 に検出された出力のトラックプロファイルを示す。

#### 【0057】

図 1 9 に示されるように、比較例の磁気ヘッドを用いた場合には、目標トラッ

クに記録しているときのライトシールドのトラック幅方向に沿う両端のエッジ部に対応するトラックにおいて、出力に約 1 1 % の劣化が認められた。これに対して、実施形態 5 の磁気ヘッドを用いた場合には、出力の劣化は約 0 . 3 % と低い値であった。

#### 【 0 0 5 8 】

図 2 0 は実施形態 5 の変形例に係る磁気ヘッドを A B S 面から見た平面図である。この変形例では、磁性層 7 2 f、非磁性層 7 2 n および磁性層 7 2 f を積層した多層構造を有するライトシールド 7 2 のトラック幅方向に沿う両端のエッジ部を、トレーリング側へ傾斜させている。そして、磁性層 7 2 f、非磁性層 7 2 n および磁性層 7 2 f の合計の膜厚は、どの部分でもほぼ同じになっている。

#### 【 0 0 5 9 】

##### 【発明の効果】

以上詳述したように本発明によれば、補助磁極またはライトシールドからの弱いもれ磁界によって既に記録されていた信号が劣化または消去されるのを抑制できる垂直磁気記録ヘッド、およびこのような垂直磁気記録ヘッドを具備し高密度化が可能な磁気ディスク装置を提供することができる。

##### 【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明の実施形態 1 に係る垂直磁気ディスク装置に搭載される磁気ヘッドおよび磁気ディスクを示す斜視図。

【図 2】 図 1 の磁気ヘッドを A B S 面から見た平面図。

【図 3】 図 1 の磁気ヘッドを主磁極のセンター位置においてトラック方向に沿って磁気ディスクに対して垂直方向に切断した縦断面図。

【図 4】 実施形態 1 および比較例の磁気ヘッドを用いて検出された出力のトラックプロファイルを示す図。

【図 5】 実施形態 1 の変形例に係る磁気ヘッドを A B S 面から見た平面図。

【図 6】 本発明の実施形態 2 に係る垂直磁気ディスク装置に搭載される磁気ヘッドおよび磁気ディスクを示す斜視図。

【図 7】 図 6 の磁気ヘッドを A B S 面から見た平面図。

【図 8】 図 6 の磁気ヘッドを主磁極のセンター位置においてトラック方向に沿って磁気ディスクに対して垂直方向に切断した縦断面図。

【図 9】 実施形態 2 および比較例の磁気ヘッドを用いて検出された出力のトラックプロファイルを示す図。

【図 10】 実施形態 2 の変形例に係る磁気ヘッドを A B S 面から見た平面図。

【図 11】 本発明の実施形態 3 に係る磁気ヘッドを A B S 面から見た平面図。

【図 12】 実施形態 3 および比較例の磁気ヘッドを用いて検出された出力のトラックプロファイルを示す図。

【図 13】 実施形態 3 の変形例に係る磁気ヘッドを A B S 面から見た平面図。

【図 14】 図 13 の変形例に係る磁気ヘッドを A B S 面から見た平面図。

【図 15】 本発明の実施形態 4 に係る磁気ヘッドを A B S 面から見た平面図。

【図 16】 実施形態 4 および比較例の磁気ヘッドを用いて検出された出力のトラックプロファイルを示す図。

【図 17】 実施形態 4 の変形例に係る磁気ヘッドを A B S 面から見た平面図。

【図 18】 本発明の実施形態 5 に係る磁気ヘッドを A B S 面から見た平面図。

【図 19】 実施形態 5 および比較例の磁気ヘッドを用いて検出された出力のトラックプロファイルを示す図。

【図 20】 実施形態 5 の変形例に係る磁気ヘッドを A B S 面から見た平面図。

#### 【符号の説明】

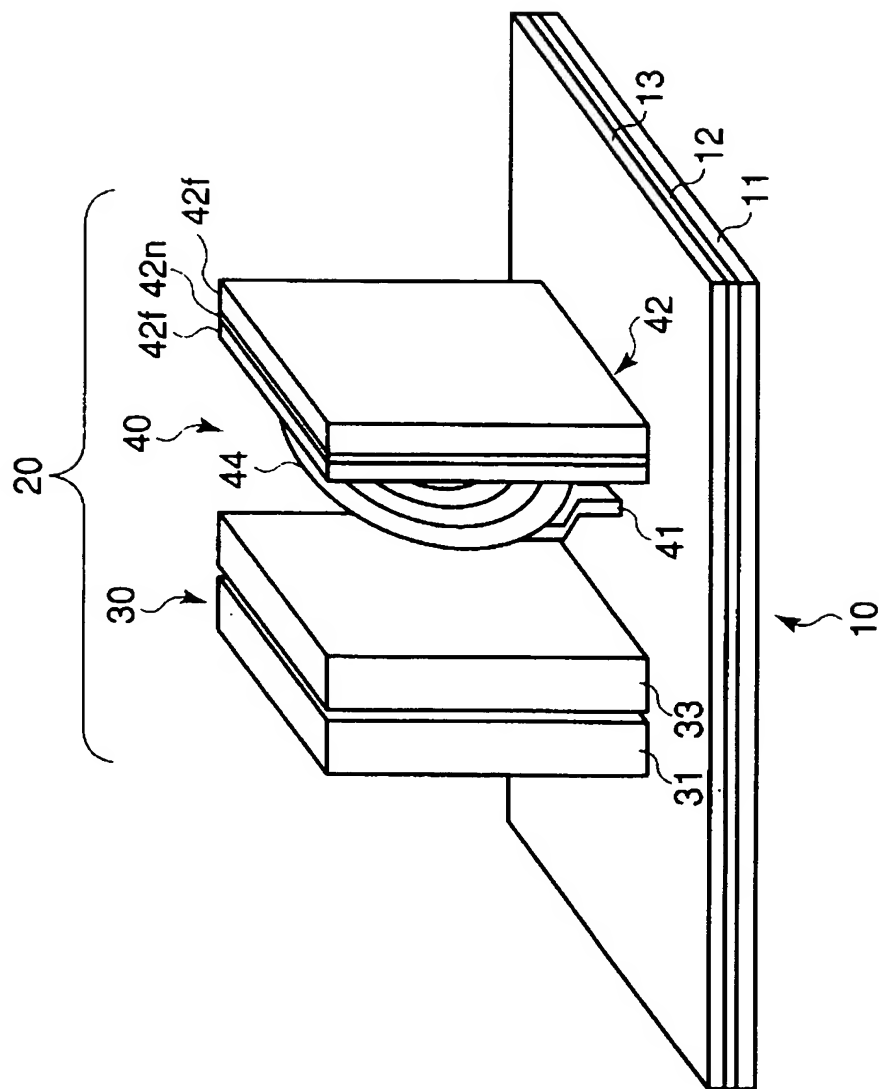
10…磁気ディスク、11…ディスク基板、12…軟磁性下地層、13…垂直記録層、20…磁気ヘッド、30…再生ヘッド、31…下部シールド、32…GMR 素子、33…上部シールド、40…記録ヘッド、41…主磁極、42…補助

磁極、4 3…接続部、4 4…コイル、4 5、4 6、5 1、5 2、5 3、6 1、6  
2、7 1、7 2…ライトシールド。

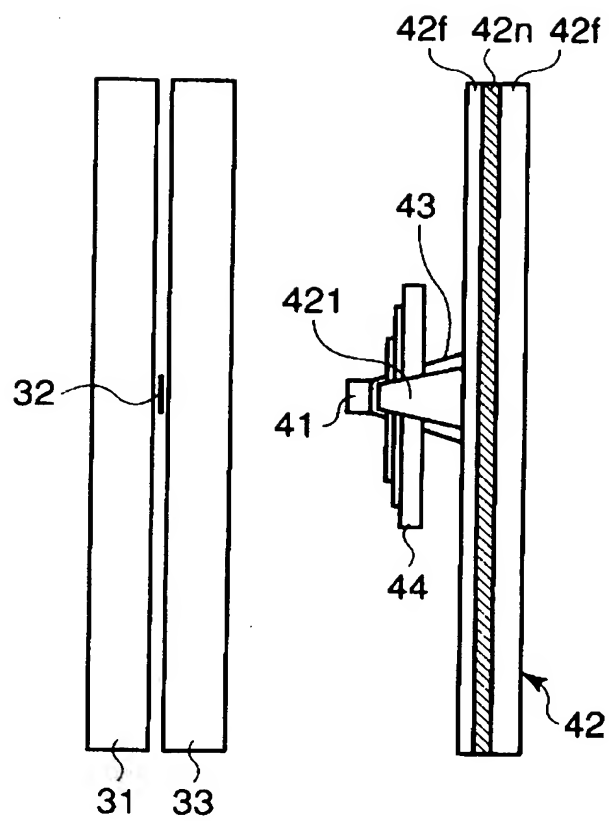
【書類名】

図面

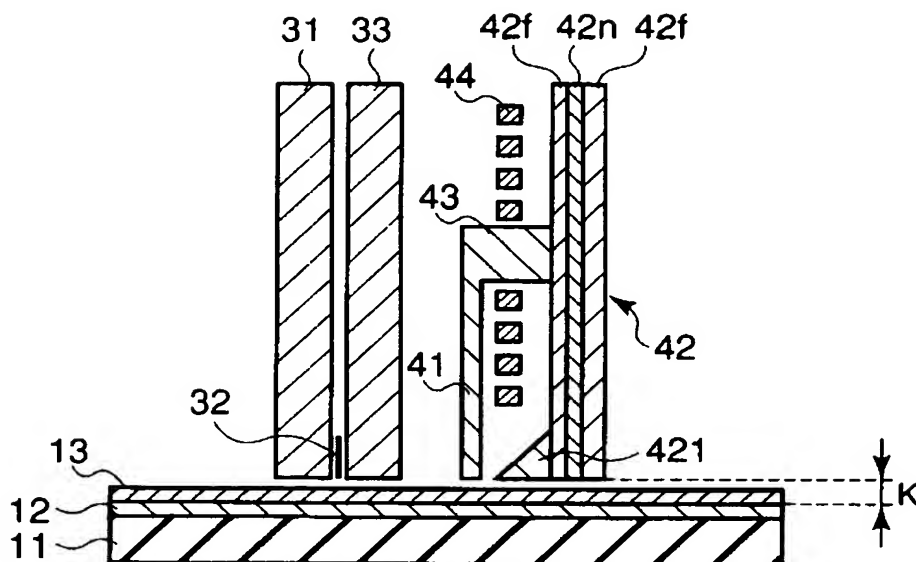
【図 1】



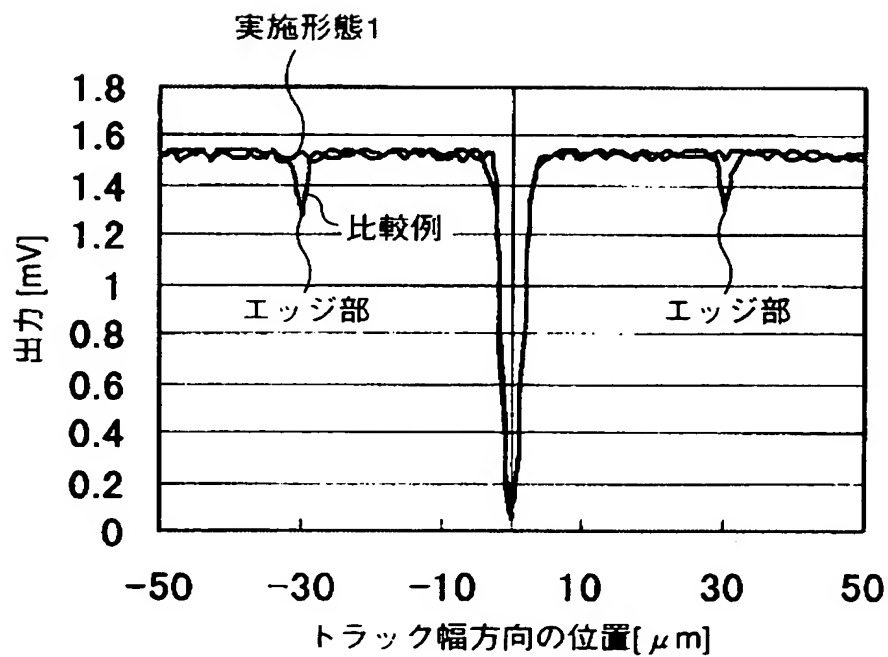
【図 2】



【図 3】

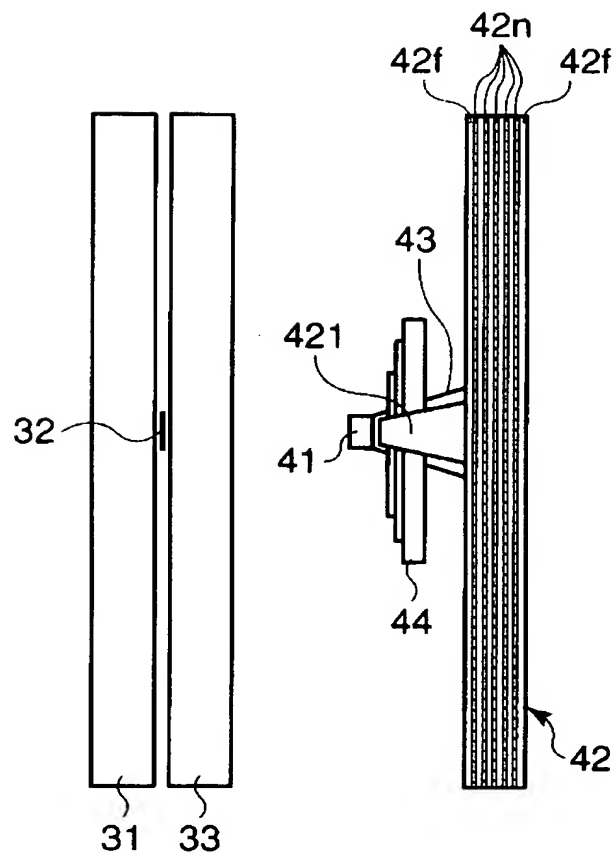


【図 4】



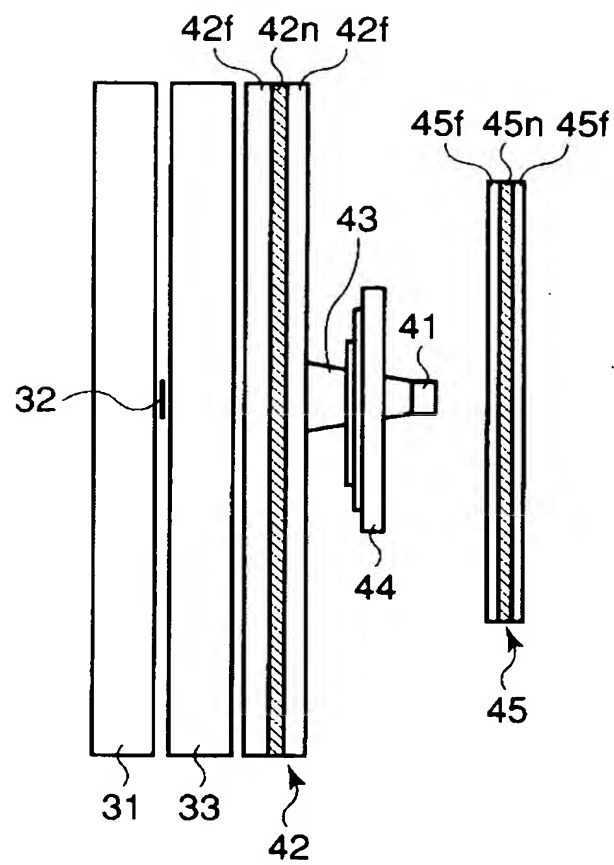


【図 5】

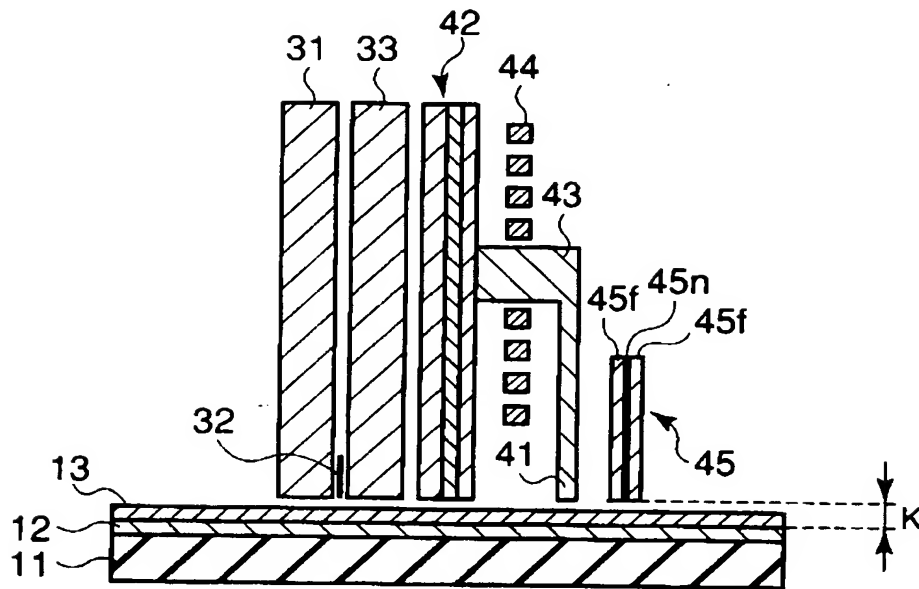




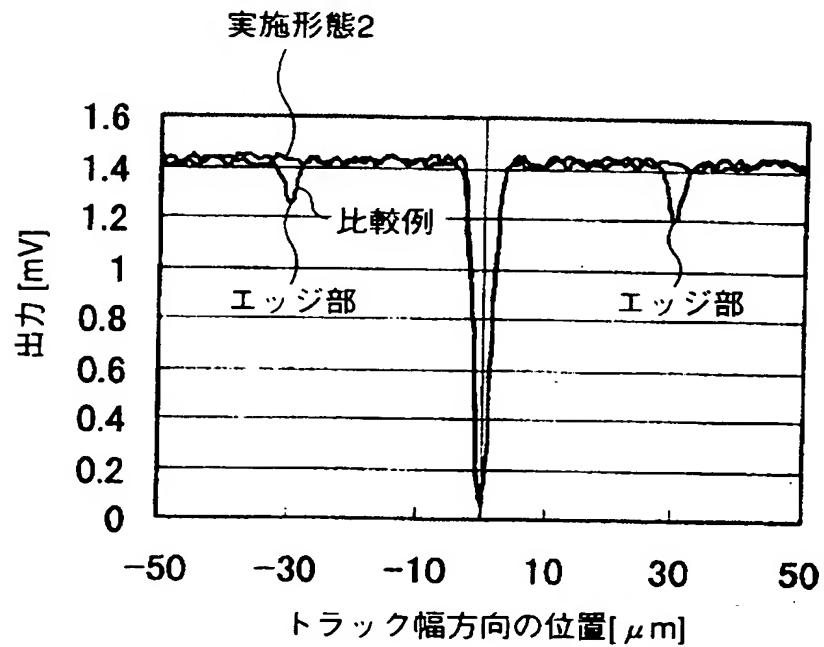
【図 7】



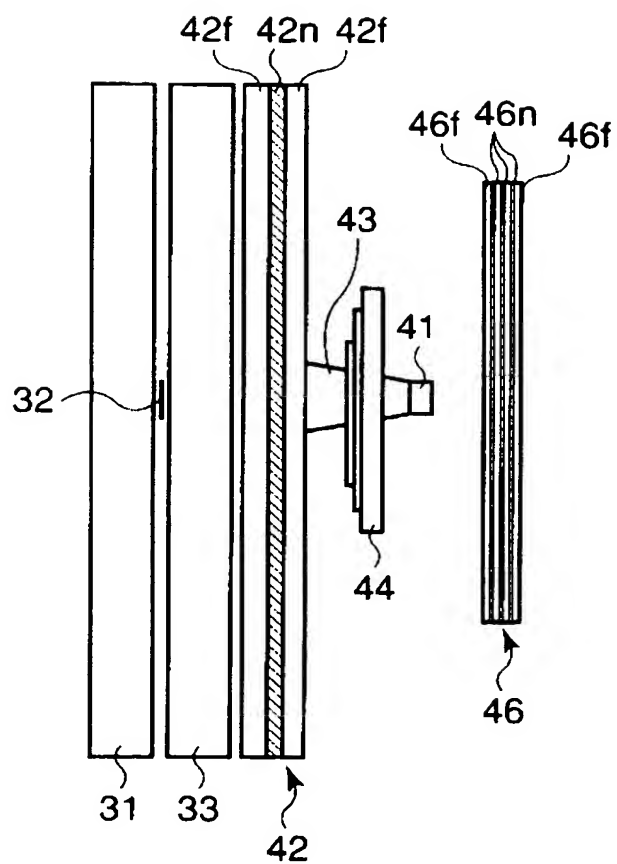
【図 8】



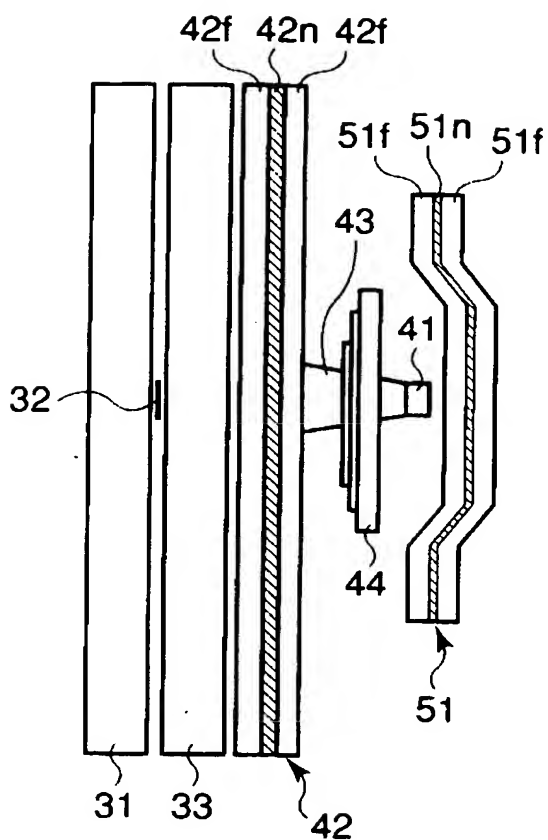
【図 9】



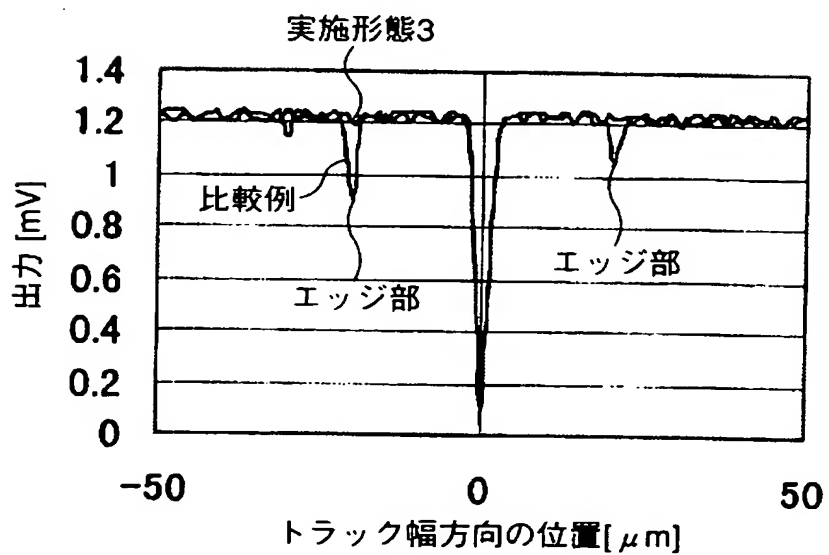
【図 10】



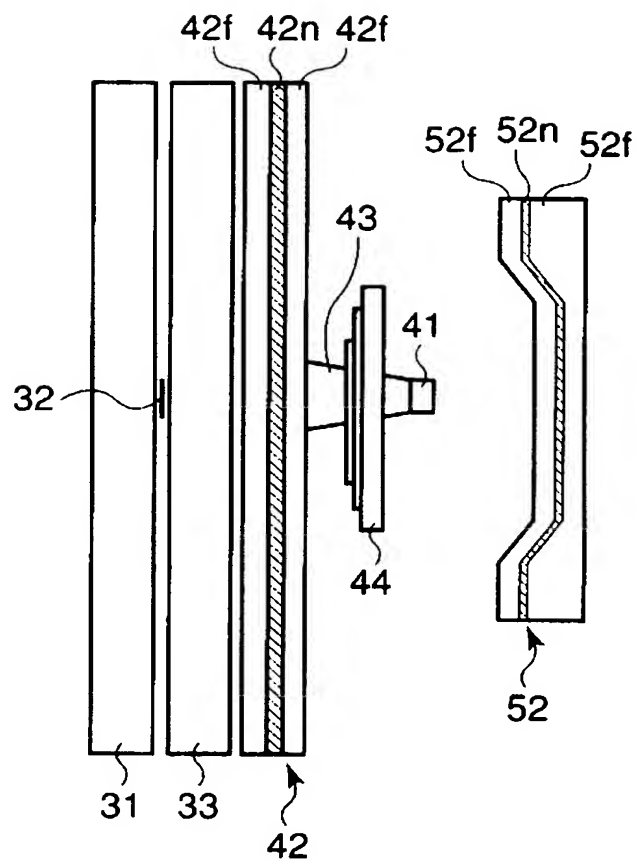
【図 11】



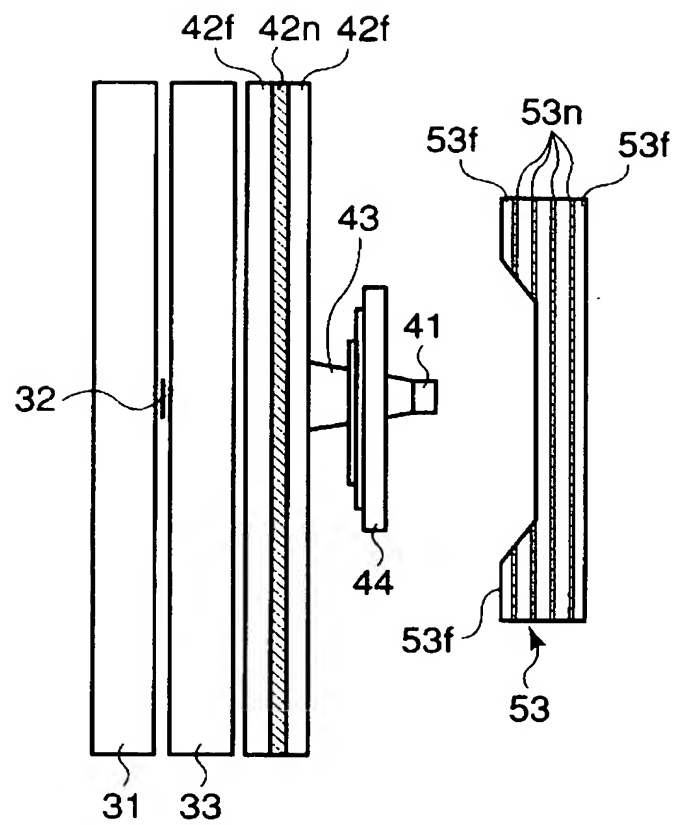
【図 12】



【図 13】

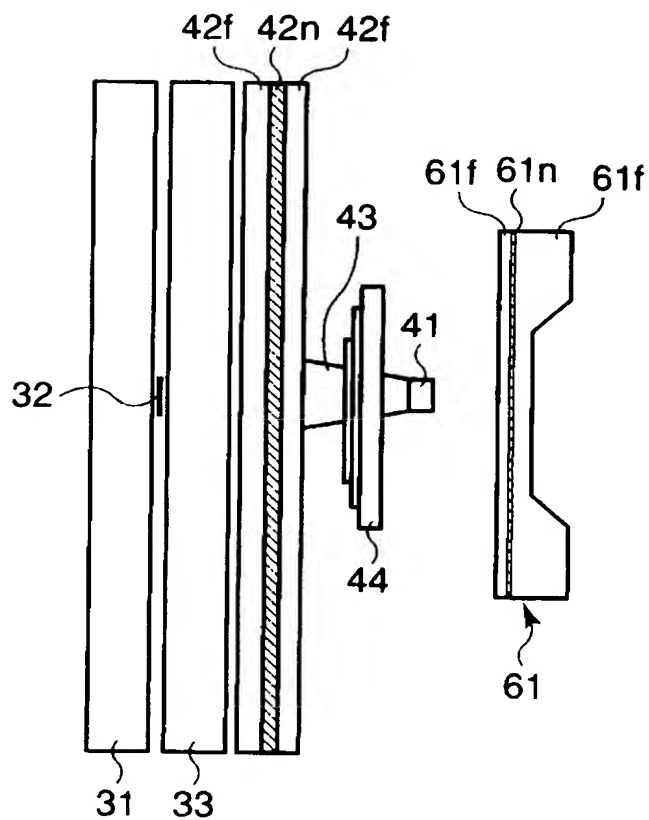


【図 14】

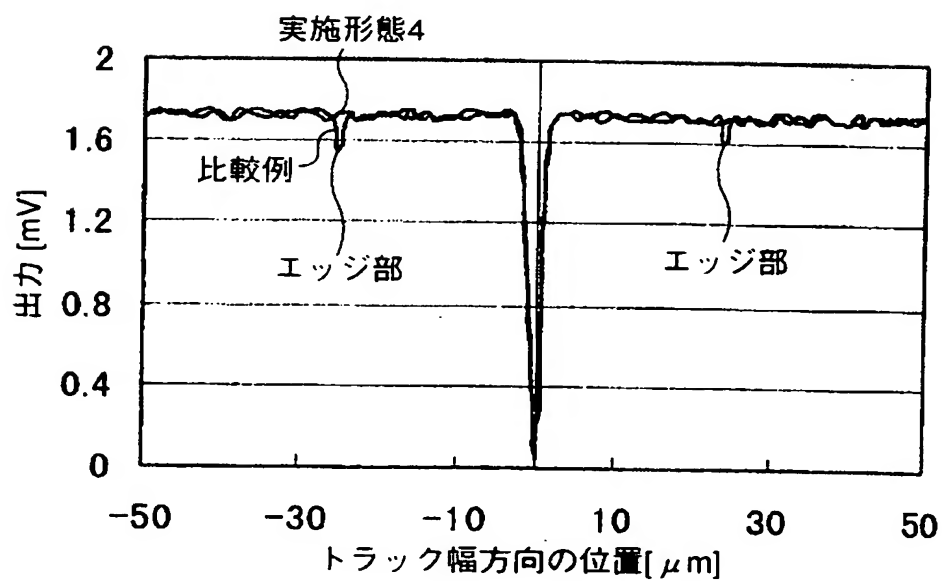




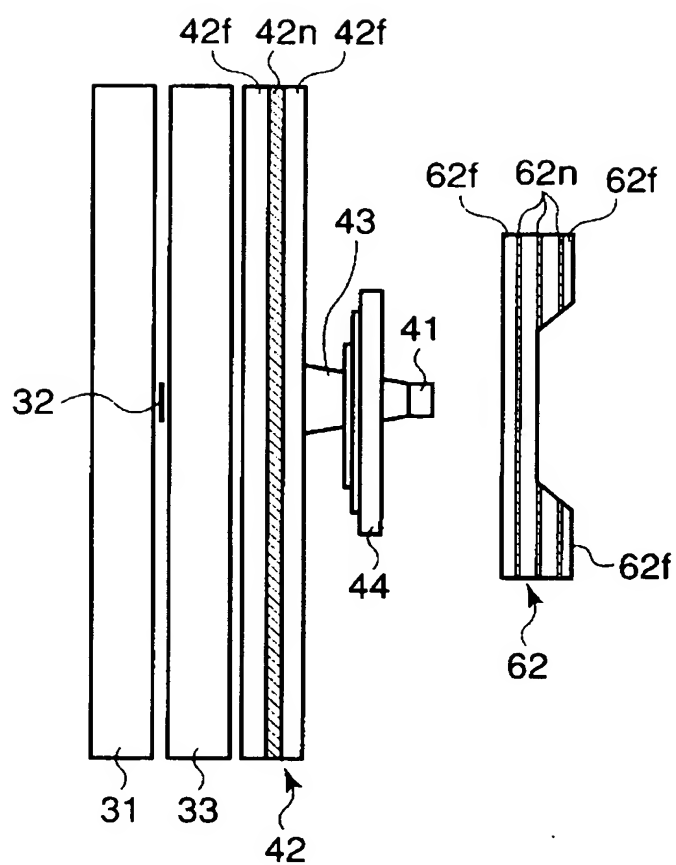
【図15】



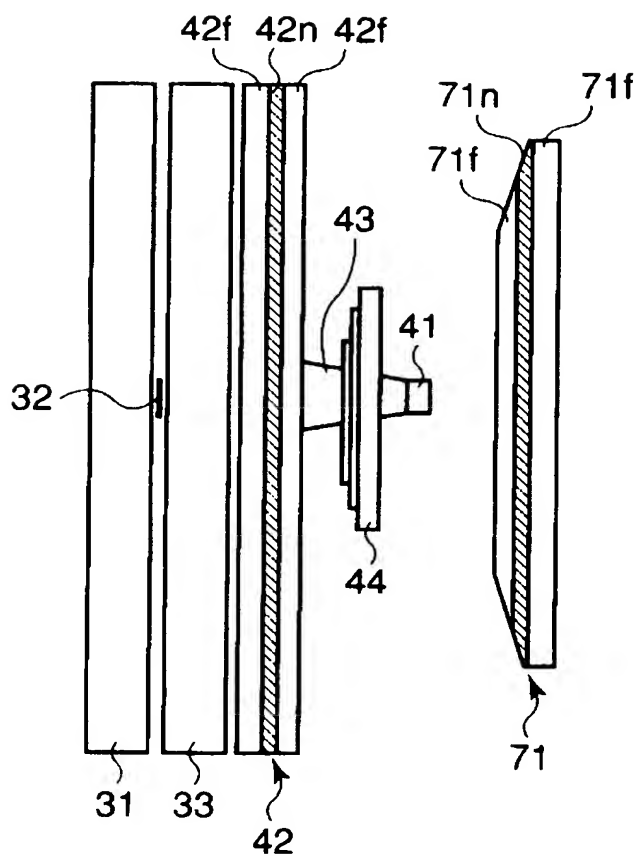
【図16】



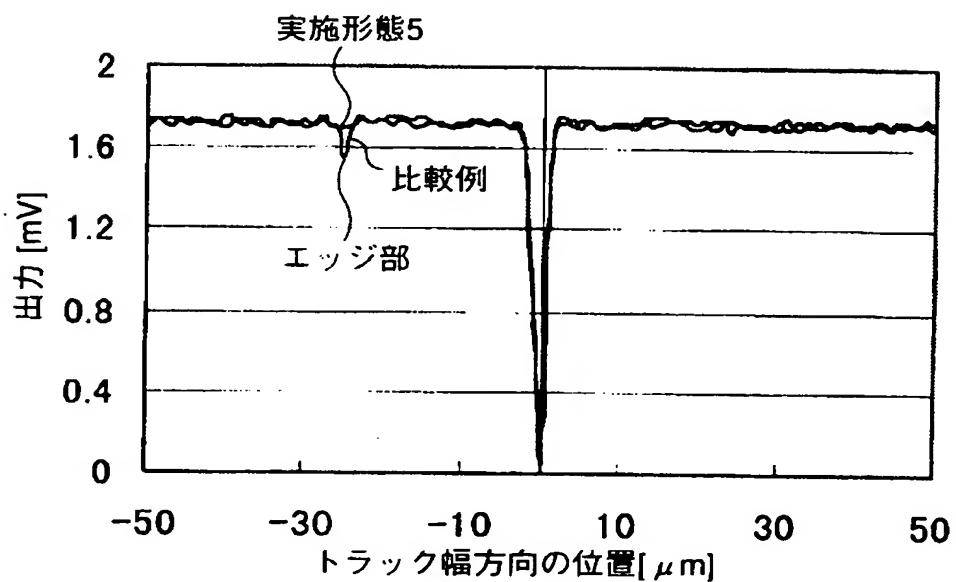
【図 17】



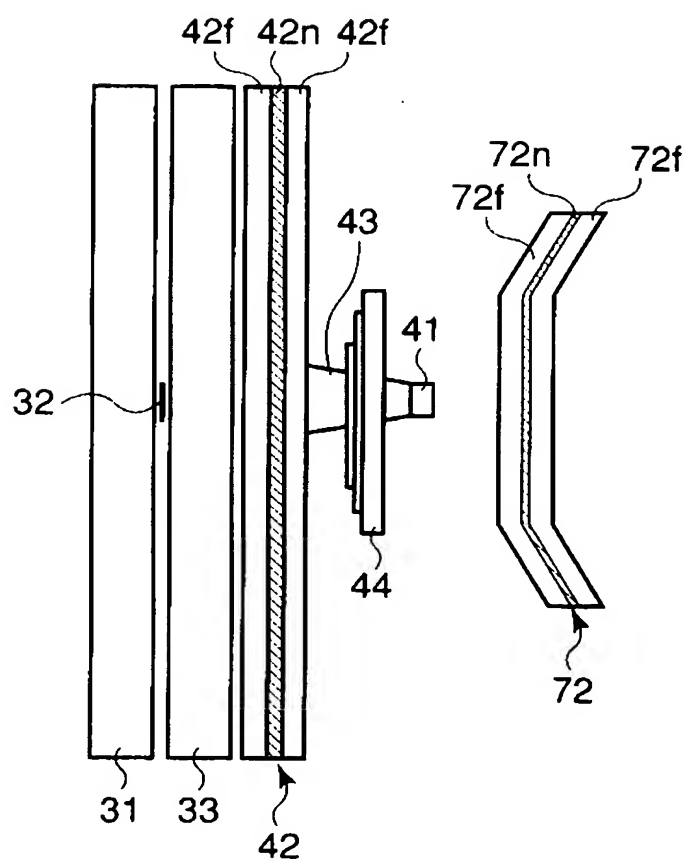
【図 18】



【図 19】



【図 20】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 補助磁極またはライトシールドからの弱いもれ磁界によって既に記録されていた信号が劣化または消去されるのを抑制できる垂直磁気記録ヘッドを具備し高密度化が可能な磁気ディスク装置を提供する。

【解決手段】 基板上に軟磁性下地層および垂直記録層が形成された二層膜垂直記録媒体と、垂直方向に記録磁界を発生させる主磁極と、主磁極に対してトレーリング側に主磁極と接続されて配置され磁性層間に非磁性層を挟んだ構造を有する多層化された補助磁極とを有する垂直磁気記録ヘッドとを具備した磁気ディスク装置。

【選択図】 図 1

特願 2 0 0 3 - 1 2 4 1 1 6

出 願 人 履 歷 情 報

識別番号

[ 0 0 0 0 0 3 0 7 8 ]

1. 変更年月日

2 0 0 1 年 7 月 2 日

[変更理由]

住所変更

住 所

東京都港区芝浦一丁目 1 番 1 号

氏 名

株式会社東芝